

УДК 550.344

## ГРОЗЫ НА ЗАПИСЯХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НЯЦ РК

Михайлова Н.Н.

*Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан*

Приведены результаты изучения сейсмических сигналов от гроз, происходящих вблизи станций, ранее относившиеся к неизвестным сейсмическим помехам. Оценены параметры сигналов, выявлены характерные особенности, по которым аналитики в Центре данных смогут однозначно идентифицировать эти события. Полученные результаты имеют прямое практическое значение для совершенствования методики интерпретации записей, получаемых при сейсмическом мониторинге.

Центр сбора и обработки специальной сейсмической информации Института геофизических исследований НЯЦ РК ведет круглосуточный мониторинг сейсмических событий разной природы. В большинстве своем - это тектонические землетрясения и взрывы. В настоящее время аналитики в практике рутинной обработки научились успешно выделять их сигналы на сейсмограммах. Разрабатываются алгоритмы распознавания событий – землетрясений, ядерных и промышленных взрывов. Но, как известно, сейсмические станции могут регистрировать множество других явлений естественной природы. Сигналы от них, зачастую, так и остаются нераспознанными или относятся к разряду сейсмических помех.

Оперативная и правильная идентификация сигналов на сейсмических записях, вызванных грозовыми явлениями, важна для Центра сбора и обработки данных исходя из двух позиций. Во-первых, визуальная оценка записей на основе поступающих в режиме реального времени данных со станций, удаленных на тысячи километров от Центра и работающих в автономном режиме, позволит оперативно установить в ряде случаев причину прерывания получения данных. Для станций НЯЦ РК [1], как показал опыт их эксплуатации в последнее годы, грозы являются одним из основных факторов, приводящих к выходу из строя оборудования и перерывам в регистрации сигналов. Так, например, только в 2004 г. из-за ударов молнии выходило из строя оборудование станций Каратау, Маканчи, AS057-Боровое, инфразвуковой станции IS31-Актюбинск. При этом, на станции AS057-Боровое простои и отсутствие данных определялись грозами на 100%.

Во-вторых, правильная идентификация сигналов от грозы позволит аналитикам Центра данных не допустить ошибок в обнаружении сигналов и распознавании природы событий.

Как показал анализ литературных источников по обработке и интерпретации сейсмограмм, какие-либо сведения о сейсмической регистрации гроз, рекомендации по идентификации записей грозовых явлений, отсутствуют. Конкретным поводом для проведения подобных исследований послужил выход из строя оборудования на важнейшей сейсмической группе Международной системы мониторинга PS23-

Маканчи [2]. Перерыв в получении данных станциями этой группы, входящей в первичную сеть Международной системы мониторинга, сразу становится предметом анализа со стороны специалистов Международного центра данных ОДВЗЯИ. 1 августа 2004 г. почти одновременно Центр данных в г. Алматы прекратил получение данных с шести сейсмических элементов этой группы из десяти (рисунок 1). При этом каналы спутниковой связи между Центром и станциями находились в рабочем состоянии.

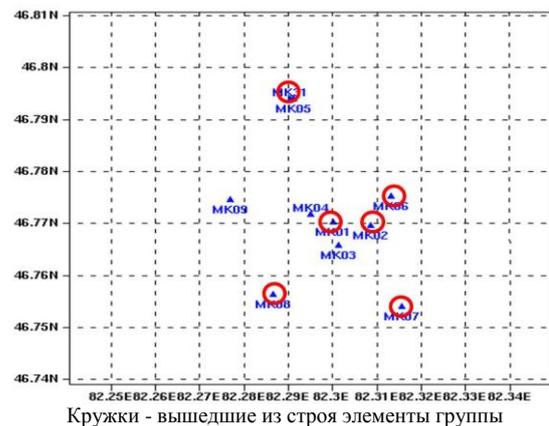


Рисунок 1. Схема расположения элементов сейсмической группы PS23-Маканчи

Анализ записей сейсмической группы PS23-Маканчи за время, предшествующее остановке в получении данных, показал, что элементы группы выходили из строя не одновременно, а последовательно с разницей во времени от нескольких минут до нескольких секунд (рисунок 2).

На рисунке 2 видно, что на каналах, которые продолжали работу, присутствуют какие-то записи, непохожие на запись землетрясений. В течение часа, когда работала еще вся группа (примерно с 11 часов UTC), имеется большое число аналогичных «помех», которые зарегистрированы практически одновременно на всех элементах группы Маканчи (рисунок 3). В тот же промежуток времени на другой сейсмической группе сети НЯЦ РК, находящейся за тысячи километров от PS23-Маканчи, - станции Акбулак [3], также зарегистрированы «помехи», аналогичные наблюдаемым на записях PS23-Маканчи (рисунок 3).

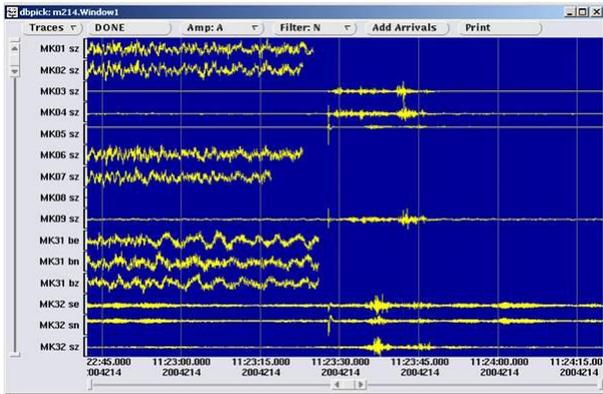


Рисунок 2. Сейсмические записи станции Маканчи за время, непосредственно предшествующее выходу из строя оборудования 1 августа 2004 года

Множество таких непонятных сигналов, возникших через промежутки в 1 - 2 минуты и продолжавшихся в течение 45 минут - 1 часа, имеют характерную форму записи и длительность. Их можно четко видеть на рисунке 4 по каналам, продолжавшим свою работу. Выяснение причин появления такого рода сигналов показало, что в это время в районе станций происходили грозы. По данным метеослужбы г. Актюбинска гроза в Акбулаке была оценена в 6 баллов по 8-ми - балльной шкале. В Маканчи и ближайших населенных пунктах метеостанции отсутствуют, поэтому использованы свидетельства очевидцев о происходившей «сухой» грозе, не сопровождавшейся дождем или ливнем. Разряды молнии ударяли в землю, после чего очевидцы отмечали колебания земли как при взрыве или землетрясении. Удары молнии привели к возникновению сильных индуцированных токов в земле, которые оказались губительными для электронных схем дигитайзеров станции PS-Маканчи и к прекращению работы регистрирующего оборудования. При этом система молниезащиты станций оказалась неповре-

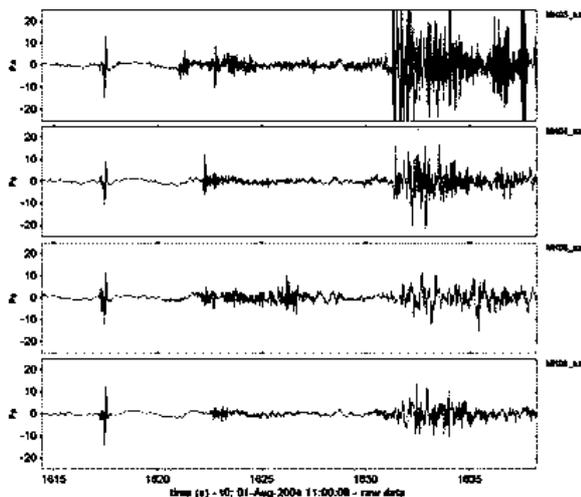


Рисунок 4. Примеры записей сигналов от грозы станцией PS23-Маканчи 01 августа 2004 г.

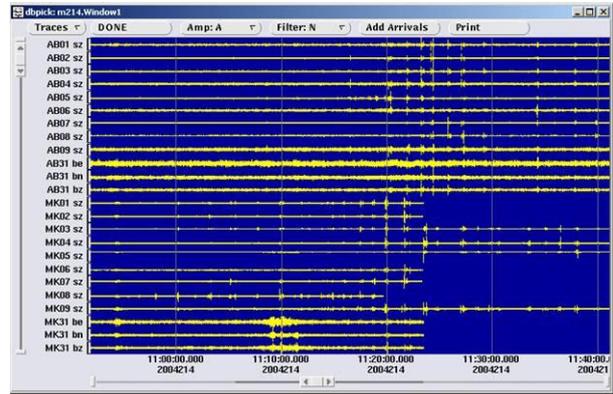
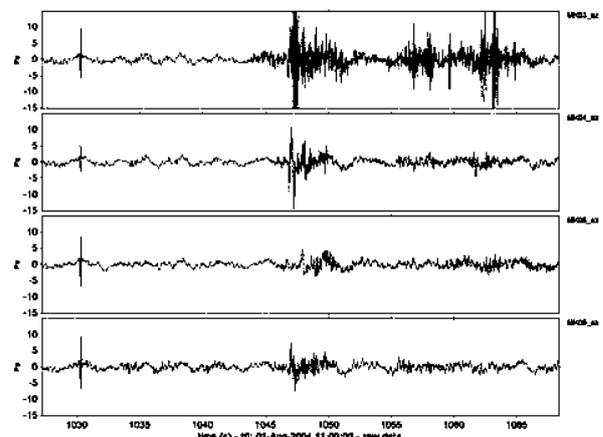


Рисунок 3. Сейсмические записи групп Маканчи и Акбулак с сигналами от гроз 1 августа 2004г.

жденной. На станции Акбулаке гроза не привела к выходу из строя оборудования благодаря другой системе молниезащиты.

Сигналы, аналогичные зарегистрированным 1 августа 2004 г., впоследствии были обнаружены и на записях станции AS057-Боровое при грозах, произошедших в другие дни. Надежно установлен характерный вид таких сигналов и проведен анализ максимальной амплитуды, преобладающего периода, длительности колебаний при одном разряде, а также преимущественный азимут и кажущаяся скорость. Для анализа использованы программные пакеты DATASCOPE [4] и РМСС (прогрессивной многоканальной корреляции) [5]. Была создана выборка записей отдельных грозовых событий по двум сейсмическим группам - Акбулак и PS23-Маканчи. На рисунке 4 показаны полные записи двух сигналов, зарегистрированных вертикальным узкополосным каналом.

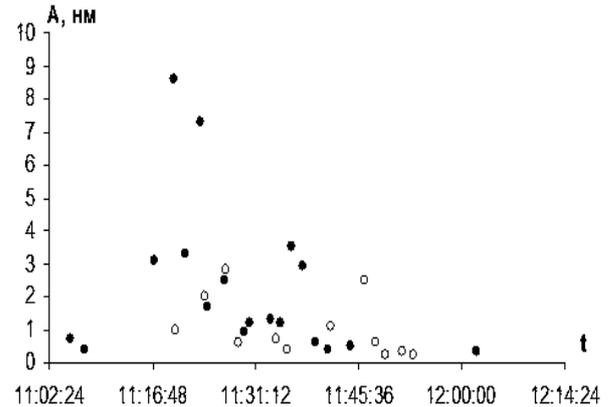
Записи являются очень характерными: в начале, как правило, очень короткий высокочастотный импульс, через некоторое время – колебания протяженностью до нескольких десятков секунд.



По таким записям проведены замеры максимальной амплитуды для одного события в значениях скорость колебаний (нм/с) и полная длительность (d, с). В таблице приведены сводные характеристики по ряду гроз за один и тот же день в Акбулаке и Маканчи.

Как видно из таблицы, амплитуда колебательных скоростей на PS23-Маканчи при самых сильных разрядах была более чем в 2 раза выше, чем на станции Акбулак (140 нм/с против 70 нм/с). Заметно изменение максимальной амплитуды во времени. Сначала интенсивность разрядов нарастала, затем уменьшилась и, наконец, грозовая деятельность вообще угасала (рисунок 5).

Анализ методом РМСС проведен по записям обеих станций. На рисунке 6 показаны результаты применения этого метода к данным станции Акбулак.



Значок: залитый – станция PS23-Маканчи, не залитый – станция Акбулак

Рисунок 5. Максимальные значения амплитуды записей грозовых явлений

Таблица. Характеристики сигналов от грозовых явлений

PS23-Маканчи			Акбулак		
Время первого сигнала	A <sub>max</sub> , нм/с	d, с	Время первого сигнала	A <sub>max</sub> , нм/с	d, с
11:07:22,0	31	30	11:20:05,8	23,8	21
11:17:10,0	58	37	11:24:07,0	34,4	20
11:19:43,3	140,6	23	11:27:01,5	46,4	24
11:21:22,2	73,7	22	11:28:51,0	14,5	26
11:23:27,6	118,4	21	11:34:01,2	20,9	24
11:24:32,2	26	31	11:35:39,4	8,0	17
11:26:57,2	50,4	34(2)	11:41:38,2	20,3	26
11:28:21,8	37	32	11:46:27,8	69,8	23
11:29:37,4	20,6	32	11:48:00,5	11,8	18
11:33:18,6	27,3	21	11:49:22,6	5,5	18
11:34:46,0	20,6	19			
11:36:12,2	76,6	20			
11:36:26,3	21,9	25			
11:37:45,7	84,4	18			
11:41:19,2	6,6	22			
11:44:23,0	8,8	20			
12:01:58,6	5,6	36			

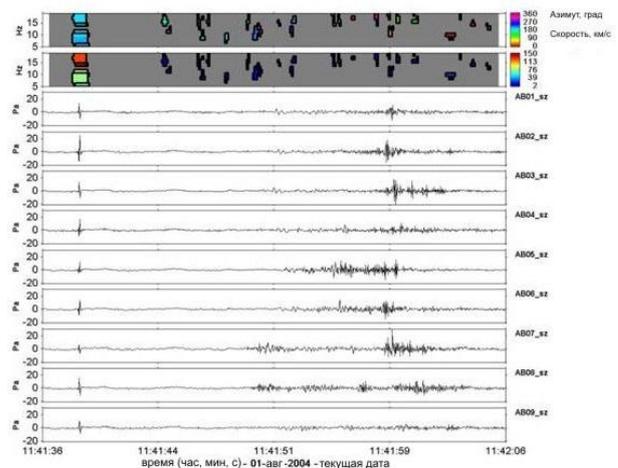
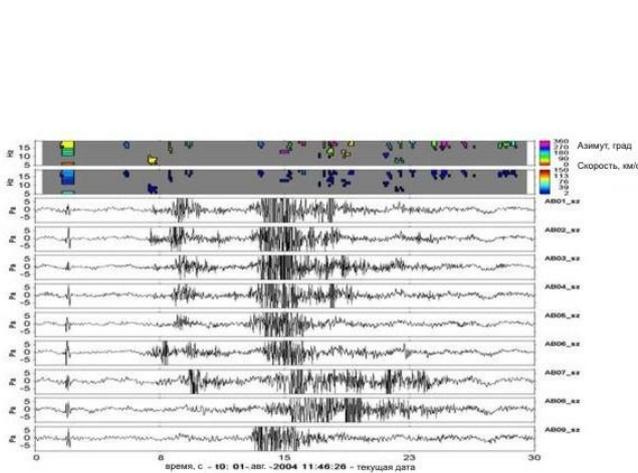


Рисунок 6. Результаты анализа методом РМСС сигналов от гроз по станции Акбулак 1 августа 2004 года

Показаны сейсмограммы, зарегистрированные девятью однокомпонентными сейсмометрами. Две верхние трассы – результат обработки. Видно, что очень хорошо коррелируется и детектируется начальная часть сигнала. Частотный состав характеризуется очень высокими частотами (возможно, даже более 15 Гц).

На рисунке 7 для тех же обработанных сигналов представлены азимутальные диаграммы. Цветовой шкалой справа от диаграмм показано соответствующее время на сейсмограмме.

Можно отметить, что для первого импульса (синие точки) кажущаяся скорость очень велика (не менее 160 км/с). Она может быть еще выше, по-

скольку есть ограничения частотой оцифровки сигналов. Этот сигнал явно связан с разрядом молнии. Для него можно выделить преимущественное направление: азимут в первом примере равен 174°, во втором - 198°. Для колебаний, начинающихся примерно через 10 с, нет преимущественного направления прихода волны. Скорости распространения сигналов для отдельных детектирований определяются первыми километрами в секунду. Последующие колебания совершенно не коррелируются. На рисунке 8 сравнены сейсмические записи событий разной природы, зарегистрированные вблизи станции Акбулак.

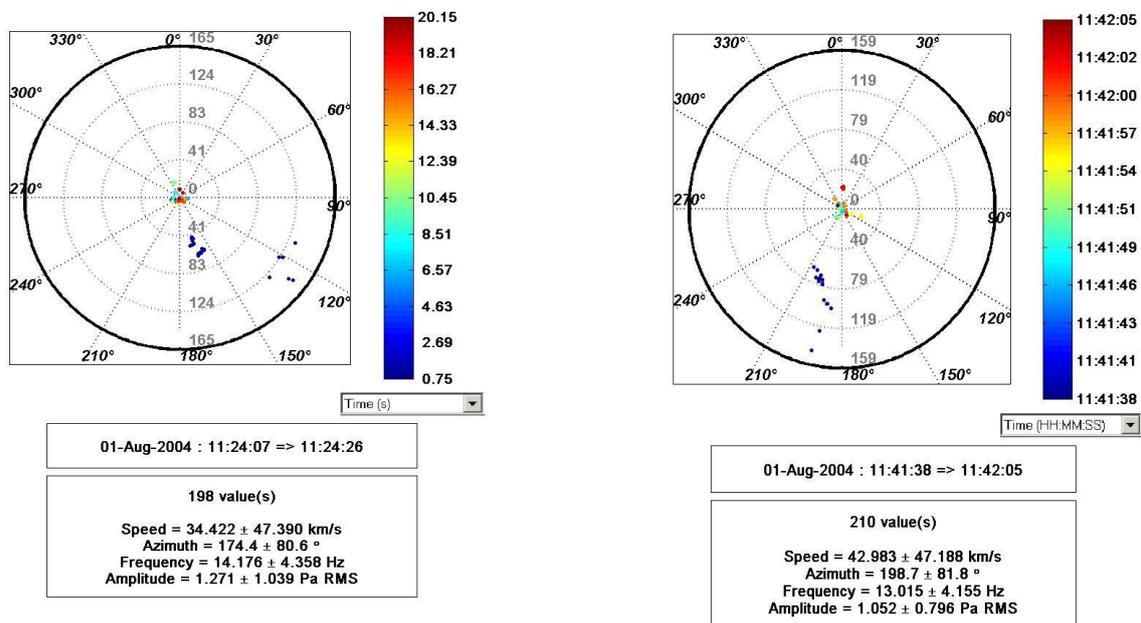


Рисунок 7. Азимутальные диаграммы обработки записей сигналов от гроз методом РМСС по станции Акбулак

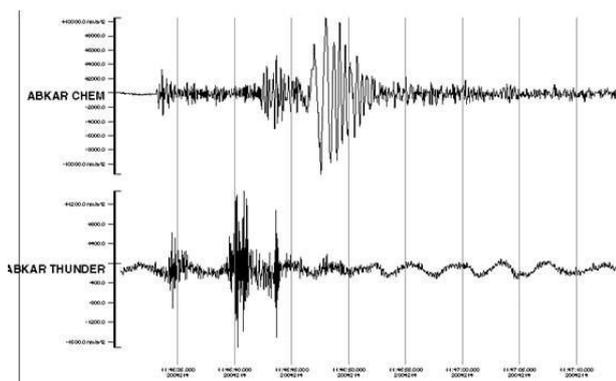


Рисунок 8. Сравнение сейсмических записей событий разной природы: верхняя - взрыв. (5/14/2004,  $t_0=14:25:34.7$ ,  $\phi=49.8782^\circ$ ,  $\lambda=60.4626^\circ$ ); нижняя – гроза 8/01/2004 г. ( $t_0=11:46:28$ ). Z-компонента. Станция Акбулак (ABKAR)

Верхняя сейсмограмма - химический взрыв 14 мая 2004 г., произведенный в карьере Карабутак, нижняя сейсмограмма – гроза 01 августа 2004 г. За-

писи взрывов имеют четко выраженные поверхностные волны, которые являются низкочастотными с периодом около 1 с, запись грозы очень высокочастотна (8 - 10 Гц) и состоит из ряда цугов с быстрым нарастанием и быстрым затуханием амплитуды. Сопоставление значений амплитуды колебательной скорости с инструментальной шкалой сейсмической интенсивности показал, что такие колебания вполне могут быть ощутимы как землетрясения с интенсивностью 2 - 3 балла. Длительность колебаний также вполне сопоставима с длительностью землетрясения. Одно «событие» продолжается в среднем 20-30 секунд. Таким образом, первый анализ сейсмических записей грозовых явлений установил характерные особенности, позволяющие уверенно распознавать грозы среди других сигналов. В первую очередь – это «игольчатые» импульсы на Z-компонентах, неоднократно повторяющиеся во времени (удары молнии). Второе – обязательное следование через несколько секунд более продол-

жительных и более низкочастотных колебаний, которые отмечаются и на горизонтальных компонентах (раскаты). Общая длительность колебаний от одного грозового удара составляет 20 – 30 секунд. Конечно, при каждой грозе есть специфические особенности в записях, проявляющиеся в амплитудах сигналов, в разнице времени между первым импульсом и последующими колебаниями. Но общий вид остается одинаковым в главных чертах.

Аналитики Центра данных в г. Алматы научились достаточно надежно выявлять сигналы от гроз на записях. Эти сигналы были обнаружены практически на всех станциях сети НЯЦ РК. Поскольку данная статья имеет целью показать и другим специалистам, обрабатывающим и интерпретирующим сейсмические записи, как выглядят записи гроз, ниже приве-

дены еще несколько примеров таких записей по грозам 2011 г. На рисунках 9 – 14 приведены примеры записей, полученных на станциях Акбулак, Каратау, PS23-Маканчи. Специально даны обзорные сейсмограммы, а также вид отдельных грозовых сигналов.

Приведенные примеры подтверждают установленные выше основные закономерности проявления сигналов от гроз на сейсмических записях. Следует отметить, что после сильнейшей грозы 2004 г., когда вышли из строя сразу несколько элементов группы PS23-Маканчи, была полностью пересмотрена концепция системы заземления на станциях НЯЦ РК. Проведенная впоследствии модернизация этих систем позволила сделать станции более устойчивыми к воздействию молний.

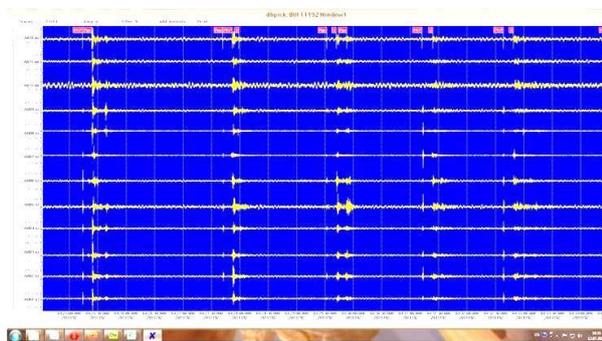


Рисунок 9. Сейсмограммы 11 июля 2011 г. (без предварительной фильтрации). Сейсмическая группа Акбулак

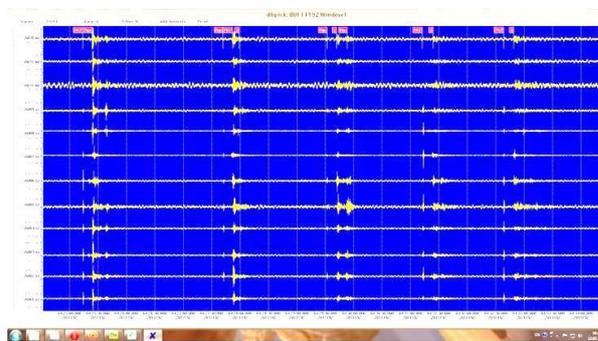


Рисунок 10. Вид записи отдельного грозового сигнала (без предварительной фильтрации). Сейсмическая группа Акбулак

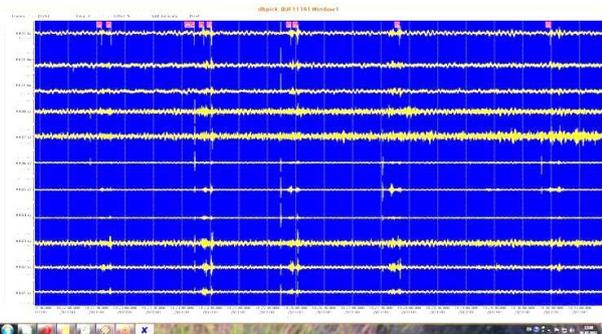


Рисунок 11. Сейсмограммы сейсмической группы Каратау за 30 июня 2011 года. Без предварительной фильтрации

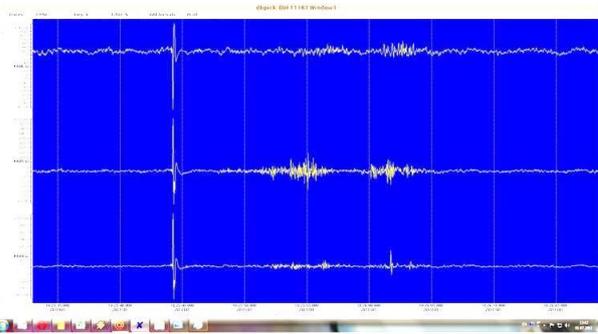


Рисунок 12. Вид записи отдельного грозового сигнала по сейсмической группе Каратау. Без предварительной фильтрации

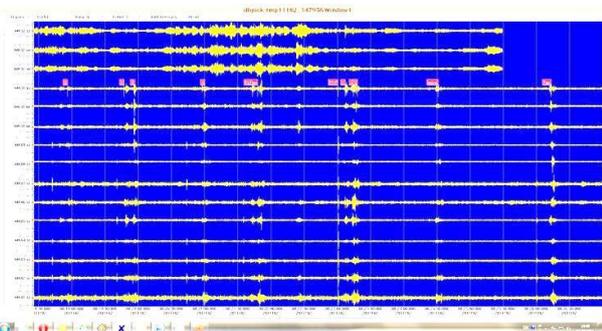


Рисунок 13. Сейсмограммы за 1 июля 2011 г (фильтр 3 – 6 Гц). Сейсмическая группа PS23-Маканчи

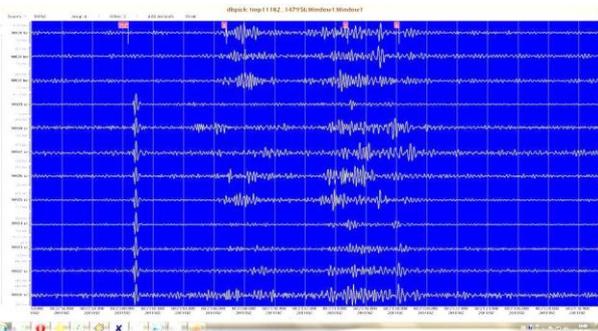


Рисунок 14. Вид записи отдельного грозового сигнала (фильтр 3 – 6 Гц). Сейсмическая группа PS23-Маканчи

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Детальный анализ записей, полученных сейсмическими группами, позволил установить, что в число регистрируемых классов событий входят грозы, происходящие вблизи мест расположения станций.

2. Сейсмические записи гроз обладают характерной формой, знание особенностей которой позволяет уверенно идентифицировать эту природу сигналов.

3. В настоящее время аналитики Центра данных практически безошибочно определяют наличие сигналов от гроз на сейсмограммах станций НЯЦ РК, что помогает им в составлении сейсмологических бюллетеней.

4. Выявление гроз по записям позволяет аналитикам в Центре данных судить о ситуации вблизи сейсмических станций, расположенных за тысячи километров от Центра, устанавливать возможные причины в перерывах поступления данных или проблемах с оборудованием, что важно в работах по сейсмическому мониторингу.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляшова, Н.Н. Система мониторинга ядерных испытаний НЯЦ РК: развитие и возможности / Н.Н. Беляшова, Н.Н. Михайлова // Вестник НЯЦ РК, 2007. – Вып. 2. – С. 5 – 8.
2. Марченко, В.Г. Новая сейсмическая группа Маканчи в Казахстане / В.Г. Марченко, А.И. Неделков, И.И. Комаров // Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2002. – Вып. 2(10). – С. 9 - 13.
3. Тейнор, Л. Новая сейсмическая группа Акбулак: выбор места размещения, аппаратура, система коммуникаций / Тейнор Л. [и др.] / Геофизика и проблемы нераспространения: Вестник НЯЦ РК, 2004. – Вып. 2(18). – С. 5 - 12.
4. Anderson, J. Center for seismic studies. Version 3 Database: Schema reference manual / J. Anderson, W.E. Farrell [et al] // Technical Report, Arlington 1990. – P. 90 - 101.
5. Cansi, Y. An automatic seismic event processing for detection and location: The PMCC method / Y. Cansi // Geophys. Res. Lett., 1995. – 22. – P. 1021 – 1024.

## ҚР ҰЯО СЕЙСМИКАЛЫҚ СТАНЦИЯЛАРДЫҢ ЖАЗБАЛАРЫНДА НАЖАҒАЙЛАР

Михайлова Н.Н.

*ҚР ҰЯО Геофизикалық зерттеудер институты, Курчатов, Қазақстан*

Бұрын беймәлім сейсмикалық бөгеуілдерге жатқызылатын, станциялардың жанында болған нажағайлардан сейсмикалық сигналдарын зерделеу нәтижелері келтірілген. Сигналдардың параметрлері бағаланған, Деректер орталығындағы аналитиктер бұл оқиғаларды бір мағыналы сәйкестіруіне мүмкіншілік беретін сипаттамалық ерекшеліктері айқындалған. Алынған нәтижелердің сейсмикалық мониторингінде алынатын жазбадарды пайымдау әдістемелерін жетілдіру үшін іс жүзіндегі тікелей мағынасы бар.

## THUNDERSTORMS ON SEISMIC RECORDS OF STATIONS NNC RK

N.N. Mikhailova

*Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan*

The article presents the results of studied seismic signals from thunderstorms near the stations which earlier were qualified as unknown seismic noise. Analysts from National Data Center estimated the parameters of these signals, revealed their properties and will be able to identify these events unambiguously. The obtained results are of practical importance to improve interpretation techniques of seismic records.